



Joonas Parkkinen

## **NAULAANASTUMISSUOJAN ASENNUKSEN AUTOMATISOINTI**

# **NAULAANASTUMISSUOJAN ASENNUKSEN AUTOMATISOINTI**

Joonas Parkkinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

---

Tekijä: Joonas Parkkinen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Naulaanastumissuojan asennuksen automatisointi

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Automation of penetration resistant midsole installation

Työn ohjaaja: Annukka Tyni

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2020

Sivumäärä: 27 + 2 liitettä

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Sievin Jalkine Oy:lle. Aiheena oli naulaanastumissuojien asennuksen automatisointi. Automatisoitavassa työvaiheessa osa operaattorin suorittamista työvaiheista korvataan robotilla. Asennuksessa tahdottiin käyttää Universal Robotsin valmistamaa UR-10-yhteistyörobotia, jonka ympärille suunniteltiin tarvittavat oheislaitteet. Laitteiston tuli poimia naulaanastumissuojia ja asentaa ne liimaliitoksen avulla turvajalkineen pohjaan.

Opinnäytetyössä haettiin taustatietoa yhteistyörobotiikasta ja tarkemmin opinnäytetyössä käytettävästä UR-10-yhteistyörobotista. Taustatiedon etsiminen keskittyi UR-10-yhteistyörobotin teknisiin ominaisuuksiin. Teknisten ominaisuuksien kartoittaminen heti opinnäytetyön alussa loi robottisolun suunnittelulle tiettyjä vaatimuksia. Näistä tärkeimpiä olivat robotin hyötykuorma, tarkkuus ja käsivarren ulottuvuus. UR-10-yhteistyörobotti on 6-akselinen käsivarsirobotti, jonka hyötykuorma on 10 kg ja ulottuvuus 1 300 mm.

Opinnäytetyössä keskitytään suurimmilta osin robottisolun oheislaitteiston mekaaniseen suunnitteluun. Oheislaitteita tarvittiin yhteensä kolme: tarttujatyökalu robotille, jolla robotti pystyy siirtämään naulaanastumissuojia, naulaanastumissuojien teline, josta robotti noutaa suojat, ja turvajalkineiden asennusteline. Oheislaitteistojen tarve määräytyi esisuunnittelun aikana luodusta prosessikaaviosta, jossa määriteltiin robotin suorittama asennusprosessi.

Suunnitellusta robottisolusta luotiin riskienarviointi Excel-taulukko. Riskienarviointi toteutettiin käyttämällä Raimo Vähän opinnäytetyöhön perustuvaa riskienarvioinnin työkalua. Työkalun avulla pisteytettiin mahdolliset riskit niiden vakavuuden ja todennäköisyyksien perusteella. Riskienarvioinnissa jokaiselle löydetylle riskille asetettiin riskin välttämiseen tarvittavat toimenpiteet.

Työn laajuuden ja vallitsevan koronaviruspandemian takia robottisolun valmistaminen ja asennus jätettiin opinnäytetyön ulkopuolelle. Opinnäytetyön tuloksia olivat valmistettavien osien piirustukset, robottisolun kokoonpanokuvat ja robottisolun riskienarviointi.

---

Asiasanat: yhteistoimintarobotti, mekaniikkasuunnittelu, robotiikka, tarttuja

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 YHTEISTYÖROBOTIIKKA	6
2.1 Ominaisuudet	6
2.2 Universal Robots	7
2.3 UR10e	7
3 PNEUMATIIKKAJÄRJESTELMÄ	9
3.1 Toimintaperiaatteet	9
3.2 Alipainetekniikka	9
4 TYÖASEMAN SUUNNITTELUPROSESSI	11
4.1 Lähtötiedot	11
4.2 Robottisolun toiminnan kuvaus ja tehtävänanto	11
4.3 Suunnittelun lähtökohdat	12
4.4 Naulaanastumissuojien telineen suunnittelu	13
4.5 Alipainetarttujan suunnittelu	14
4.6 Kengän asennustelineen suunnittelu	17
4.7 Riskien arviointi	22
4.8 Robottisolun kokoonpano	24
4.9 Tuotedokumentit	24
5 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	26
LIITTEET	
Liite 1 Riskien arviointitaulukko	
Liite 2 Kokoonpanopiirustus	

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Sievin Jalkine Oy. Sievin Jalkine Oy on Sievissä ja Oulaisissa toimiva Pohjois-Euroopan suurin turvajalkineiden valmistamiseen erikoistunut yritys. Yhtiö työllistää tällä hetkellä noin 500 henkilöä, joista Sievin tehtaalla työskentelee noin 300. (1.)

Opinnäytetyössä suunnitellaan tilaajan tehtaalle naulaanastumissuojien asennuksen automatisointi käyttämällä yhteistyörobotiikkaa. Opinnäytetyössä suunnitellaan robottisolu ja siihen tarvittavat oheislaitteistot käyttämällä Oulun ammattikorkeakoulun Universal Robotsin yhteistyörobottia. Opinnäytetyön tuloksena syntyivät robottisolun valmistukseen tarvittavat piirustukset.

Opinnäytetyön jälkeen työtä jatketaan Oulun ammattikorkeakoulun henkilöstön johdolla. Jatkotoimenpiteinä robottisolu valmistetaan ja asennetaan työn tilaajan tehtaalle Sieviin.

## **2 YHTEISTYÖROBOTIIKKA**

Yhteistyörobotit on suunniteltu helppokäyttöisiksi ja nimensä mukaisesti työskentelemään yhteistyössä ihmisen kanssa. Robotin tehtävä on auttaa ihmistä suorittamalla ihmiselle vaaralliset tai liian raskaat työvaiheet. Esimerkkitapauksena voidaan kuvitella robotin hallinnoivan myrkylliset aineet kuten liima tai muut kemikaalit. Käyttämällä robottia näiden työvaiheiden suorittamiseen vältetään ihmisen terveyden vaarantamiselta ja vapautetaan ihminen suorittamaan muita arvoa lisääviä työvaiheita. (2, s. 3 - 4.)

Nykyaikana yhteistyörobotiikkaa käyttävät pääsääntöisesti pienet ja keskisuuret yritykset. Pienissä ja keskisuurissa yrityksissä on hyvä pystyä mukautumaan tuotannon muutoksiin jatkuvasti, jolloin helppokäyttöiset ja nopeasti itsensä takaisin maksavat robotit ovat järkevä ratkaisu. Lähiaikoina myös maailmanlaajuisesti isot yritykset ovat alkaneet ymmärtämään, että niiden markkinansa muuttuvat yhä nopeammin ja yhteistyörobottien joustavuus voi olla kilpailuetu. (2, s. 3 - 4.)

### **2.1 Ominaisuudet**

Yhteistyörobottien suurin ero raskaisiin teollisuusroboteihin verrattuina on niiden kyky työskennellä ihmisen kanssa samassa tilassa, ilman kalliita ja suurikokoisia turva-aitoja tai valoverhoja. Yhteistyörobottien jokaista liikkuvaa niveltä monitoroidaan voimamomenttianturilla. Anturin avulla robotti tunnistaa, jos se törmää johonkin epänormaaliin suorittaessaan ohjelmaansa. Anturit pysäyttävät robotin havaitessaan törmäyksen. Näitä toimintoja ei ole sisäänrakennettuina teollisuusroboteissa, ja näistä syistä yhteistyörobotit voivat työskennellä ihmisten kanssa ilman aitausta. (3, s. 3 - 4.)

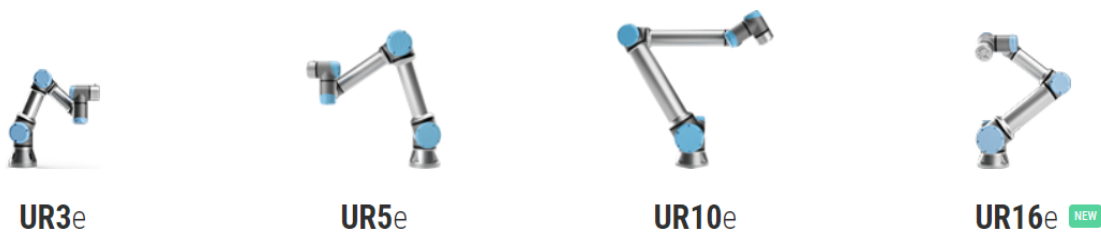
Normaalit teollisuusrobotit täytyy eristää muista, koska ne eivät monitoroi ulkopuolisten liikkeitä. Yhteistyöroboteilla on yleensä myös pyöreämpi muotoilu, jotta voima jakaantuu laajemmalle pinnalle ja siten vaimentaa iskua ihmisen osuessa siihen. Yleistettynä yhteistyörobotit mahdollistavat samojen tehtävien suorittamisen kuin perinteisillä teollisuusroboteilla on tehty, mutta pienemmällä laitteella ja pienemmällä investoinnin riskillä ja huomattavasti joustavammin. (3, s. 3 - 4.)

Yhteistyöroboteilla on seuraavia ominaisuuksia verrattuna yleisiin teollisuusroboteihin (4, s. 18):

- Ohjelmointi ei vaadi ammattilaista, koska se on tehty yksinkertaiseksi ja nopeaksi.
- Robottien asennustilavaatimukset ovat huomattavasti pienemmät.
- Useimmat sovellukset eivät vaadi turva-aitojen käyttöä.
- Voidaan käyttää helposti uudelleen uusissa työtehtävissä.

## 2.2 Universal Robots

Universal Robots perustettiin vuonna 2005 Tanskan Odensessä. Tavoitteena oli toteuttaa automatisointia robottien avulla kaikenkokoisissa valmistusyrityksissä. Nykyisin robotteja käytetään yli 34 000 tuotantoyrityksessä ympäri maailman. Tuoteperheeseen kuuluu neljä eri mallia, jotka on nimetty hyötykuormiensa mukaisesti (kuva 1). (5.)



KUVA 1. Universal Robotsin tuotteet (6)

## 2.3 UR10e

UR10e:n teknisiä ominaisuuksia ovat seuraavat (6, linkki [Read more about UR10e](#)):

- 6-akselinen käsivarsi
- ulottuvuus 1 300 mm
- hyötykuorma 10 kg
- paino 33 kg
- tarkkuus (+\ - 0,1 mm)
- tcp-nopeus 1 m/s
- materiaalit: alumiini, muovi ja teräs.

Robotit ovat hiljaisia ja energiatehokkaita. Kompakti ja kevyt rakenne mahdollistaa helpon liikutettavuuden, jolloin asennus uutta työtehtävää varten on helppoa. Ohjelmointi suoritetaan joko liikuttamalla robotti haluttuun pisteeseen käsin tai mukana tulevaa kosketusnäyttöpaneelia käyttäen. Robotti voi työskennellä ihmisen yhteydessä ilman riskiä satuttaa häntä. Törmäyksen sattuessa robotti toimii alle 150 newtonin voimalla, joka on hyväksytty asetus ISO 10218 -standardin mukaisesti. (4, s. 21.)

Robotin päähän voidaan liittää useita erilaisia työkalua ja tarttujia. Työkalun kiinnikkeen päästä löytyy 8-pinninen liitin. Liitin tarjoaa virran ja ohjaussignaalit tarttujille ja sensoreille, joita käytössä oleva työkalu tarvitsee. Liittimessä on kaksi digitaalista lähtöä ja tuloa ja kaksi analogista tuloa. Robotin mukana tuleva ohjausyksikkö sisältää kuusitoista digitaalista tuloa ja lähtöä (I/O) ja kaksi analogista tuloa ja lähtöä. Robotin oheislaitteistoa ohjataan näillä signaaleilla. (7, s. 28.)



## **3 PNEUMATIikkaJÄRJESTELMÄ**

### **3.1 Toimintaperiaatteet**

Pneumatiikkajärjestelmissä energiaa siirretään ja säädetään paineistetun kaasun välityksellä. Pneumatiikassa väliaineena toimii ilma. Pneumaattiseen järjestelmän perusosat ovat seuraavat (8, s. 2 - 3):

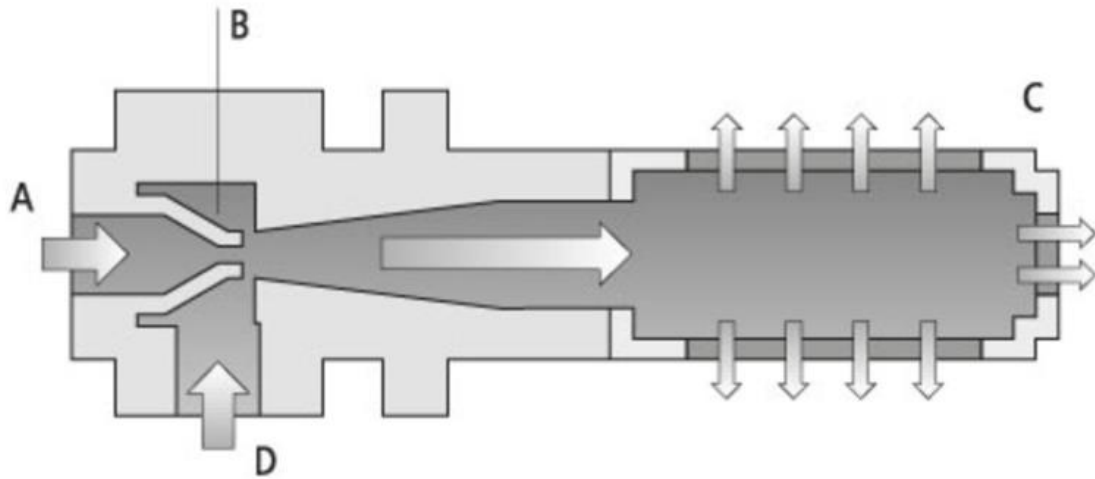
- paineilman tuotto
- ilman varastointi
- ilman puhdistus
- ilman käsittely
- ohjauslaitteet
- toimilaitteet.

Paineilman tuottaminen tuotetaan pääpiirteittäin aina kompressoreilla. Kompressorin on yleisnimi laitteelle, jolla voidaan nostaa kaasun painetta vähintään kaksinkertaiseksi verrattuna imupaineeseen. Ilman käsittelyllä tarkoitetaan paineilman käsittelyä sovellukseen sopivaksi. Käsittelynä voi olla esimerkiksi paineensäätö ja suodatus. Ohjauslaitteilla ohjataan ja säädetään pneumaattista järjestelmää. Ohjauslaitteina toimivat erilaiset pneumaattiset venttiilit. Venttiilit sijaitsevat painelähteen ja toimilaitteen välissä. Toimilaitteet toimivat koko järjestelmän olemassaolon perustana. Niillä muutetaan paineilman sisältämä energia mekaaniseksi energiaksi. Toimilaitteina voi toimia suoraviivaista liikettä aikaansaavat sylinterit, pyörivää liikettä tuottavat moottorit ja kääntölaitteet tai näiden yhdistelminä syntyviä tarttuvia. (8, s. 2 - 3.)

### **3.2 Alipainetekniikka**

Tyypillinen alipaineella suoritettu työ on työkappaleeseen tarttuminen automaatio- ja robotisovelluksissa. Toimintaehtona on alentaa paine ympäristön painetta alhaisemmaksi. Paine-ero saa aikaan voiman, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi imukupilla kappaleeseen tarttumiseen. Paineen nollassa pidetään ilmanpainetta 1,013 bar. Ilmanpaineen alittavaa painetta kutsutaan alipaineeksi. Teollisissa sovelluksissa alipaine tuotetaan yleensä pneumaattisesti ejektoreilla tai sähköisesti pumpuilla. (9, s. 2 - 5.)

Ejektorin toimintaperiaate selitettynä kuvan 2 mukaisesti. Ensin paineilma tuodaan liitännän (A) kautta ejektorille. Ilma virtaa kavennetun suuttimen läpi, jolloin ilman virtausnopeus kiihtyy ja paineistuu. Tämän jälkeen kiihtynyt ilma hidastuu ja porttiin (D) syntyy alipaine. Imetty ilma ja paineilma karkaavat äänenvaimentimen (C) läpi. (Kuva 2.) (10.)



*KUVA 2. Ejektorin toimintaperiaate (10)*

## 4 TYÖASEMAN SUUNNITTELUPROSESSI

### 4.1 Lähtötiedot

Automatisointia vaativalla toimipisteellä haluttiin pystyä valmistamaan kahta erilaista versiota kengästä, korkea- ja matalavartinen (kuva 3). Molemmista versioista on myös laaja valikoima eri kokoluokkia. Nykyisellään operaattori ei pysy tuotannon vaatiman aikataulun perässä. Automatisoinnin tarkoituksena on saada osa työtehtävistä siirrettyä robotille, jolloin olisi mahdollista valmistaa riittävä määrä tuotteita yhden vuoron aikana.



KUVA 3. Sievin kenkämallit (1, linkit TUOTTEET -> TURVAJALKINEET.)

### 4.2 Robottisolun toiminnan kuvaus ja tehtävänanto

Automatisoitavassa työvaiheessa naulaanastumissuojat asetetaan niille suunniteltuun telineeseen, josta robotti poimii yhden parin suojia. Poiminnan jälkeen robotti siirtää kengät liimanlevitysaunitin kautta kengänasennustelineelle. Tällä välin operaattori asettaa kengät ylösalaisin kenkätelineeseen, minkä jälkeen robotti asettaa suojat kenkiin liimapuoli alaspäin. Kengänasennustelineitä tulee kaksi paria, jotta asennus operaattorin ja robotin välillä on nopeampaa. Kuvassa 4 kuvataan robotin suorittaman asennusprosessin eri vaiheet (kuva 4).



KUVA 4. Prosessikaavio robotin asennusprosessista

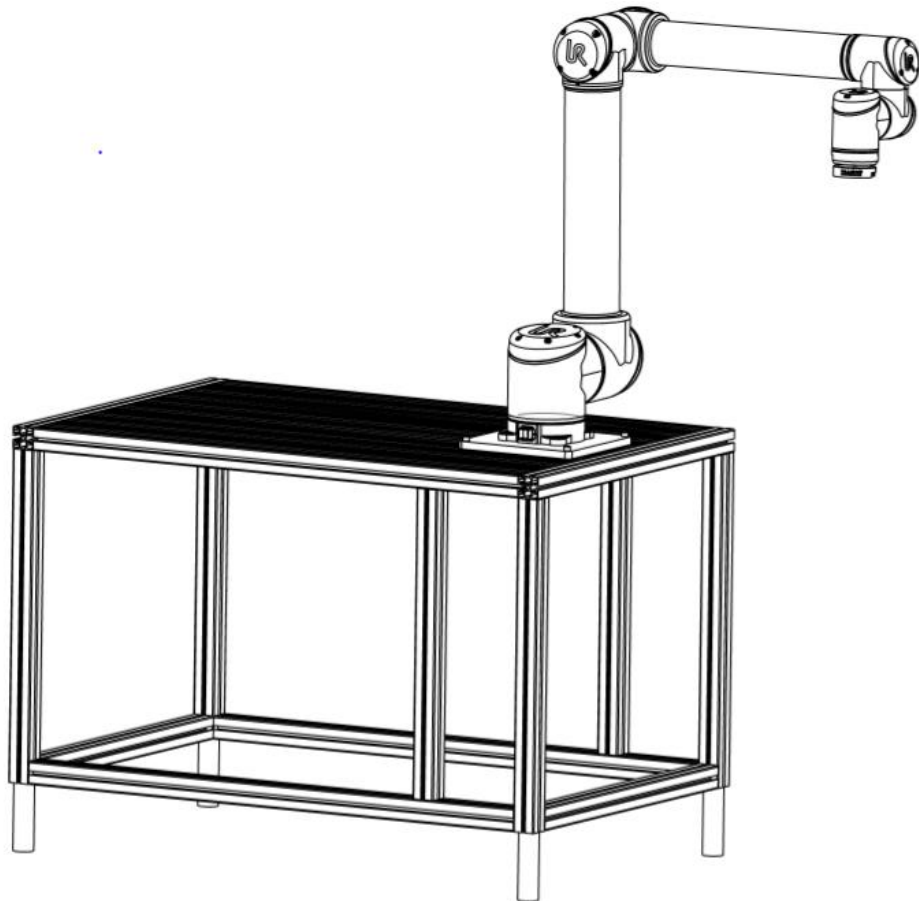
Opinnäytetyön tehtäväksi muodostui robottisolun suunnittelu. Robottialusta ja robotti olivat valmiina, joten työn pääpiirteet kohdistuvat tarttujan, kengänasennustelineen ja nauhaanastumissuojien telineen mekaaniseen suunnitteluun. Taulukossa 1 on listattuna työn tilaajan kanssa sovitut vaatimukset, jotka robottisolun pitää täyttää.

TAULUKKO 1. Suunniteltavalle robottisolulle laadittu vaatimuslista

	Vaatimuslista
1.	Robottisolun pitää olla liikuteltavissa (vähintään trukilla)
2.	Käytetään olemassa olevaa robottia ja robottialustaa, löytyvät Oulun ammattikorkeakoululta
3.	Nauhaanastumissuojien telineeseen tulee mahtua n.50 suojaa yhtäaikaaisesti
4.	Operaattorin tulee pystyä toimimaan laitteiston välittömässä yhteydessä
5.	Nauhaanastumissuojien hyllyä on pystyttävä täyttämään robotin ollessa toiminnassa
6.	Alipainetarttujan imukuppien sijaintia on pystyttävä liikuttamaan.
7.	Kaikki valmistettavat osat on pysyttävä valmistamaan Oulun ammattikorkeakoululla
7.	Asennus tapahtuu Oulun ammattikorkeakoulun puolesta
8.	Projekti valmis viimeistään toukokuussa

#### 4.3 Suunnittelun lähtökohdat

Robottisolun suunnittelu aloitettiin valitsemalla solun pohjaksi jo valmiiksi koululta löytyvä alumiiniprofiilista rakennettu robottialusta, johon robotti kiinnitetään (kuva 5). Lisäksi päätettiin käyttää jo olemassa olevia kiinnityskappaleita robotin työkalulle ja itse robotin jalustalle. Sievin Jalkineelta toimitettiin liimanlevityskone, jossa liiman ulostuloa ohjattiin sähköisellä pneumaattisella suuntaventtiilillä. Näiden osien ympärille suunniteltiin tarvittavat oheislaitteet, joilla asennus suoritettaisiin.



*KUVA 5. Robottialusta ja UR-10-yhteistyörobotti*

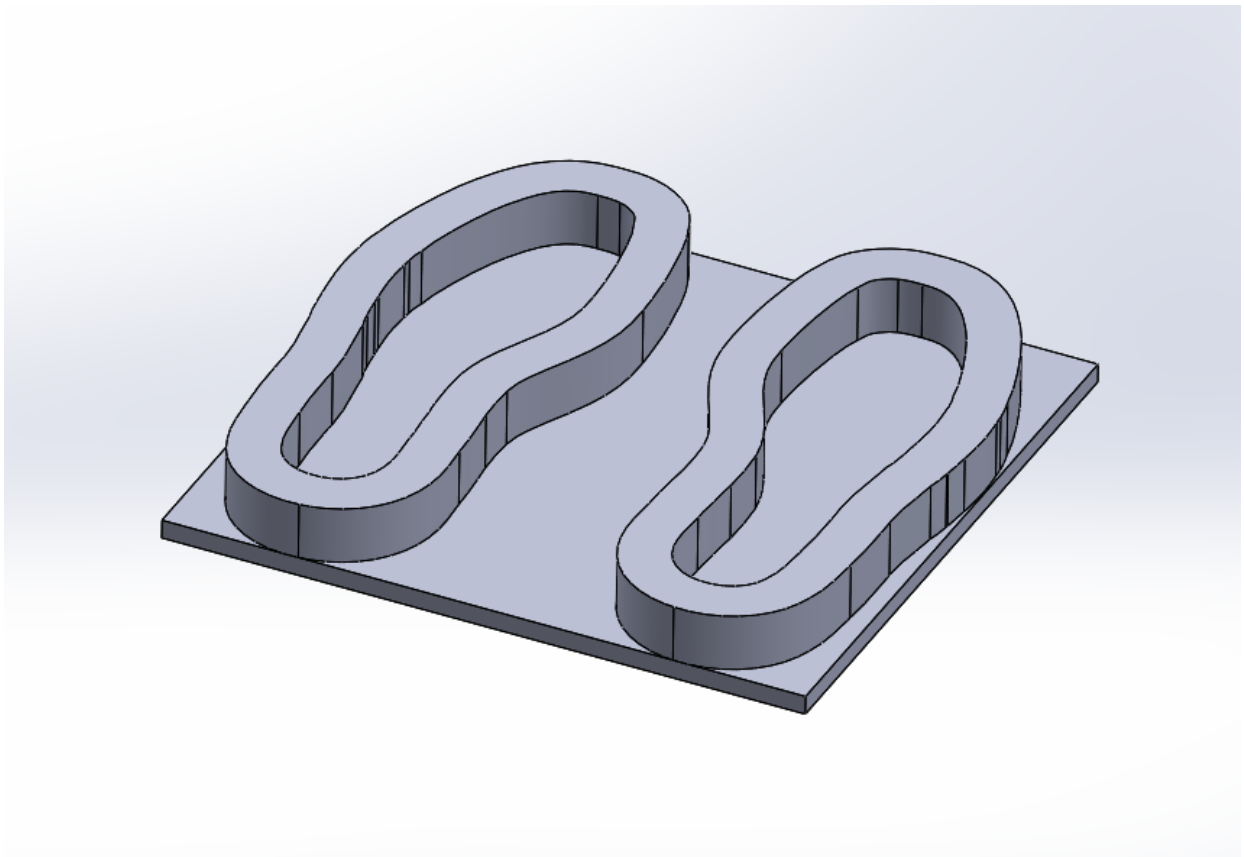
Oheislaitteita tarvittiin yhteensä kolme: alipainetarttuja, jolla robotti pystyy liikuttelemaan naulaanastumissuojia, naulaanastumissuojien teline, josta robotti noutaa suojia ja kenkien asennusteline, jossa naulaanastumissuojan asentaminen tapahtuu. Kaikki oheislaitteet olivat geometrialtaan liitoksissa toisiinsa, joten suunnitteluprosessissa piti vaihdella edestakaisin osien välillä.

#### **4.4 Naulaanastumissuojien telineen suunnittelu**

Naulaanastumissuojia on kokoluokiltaan vähemmän kuin kenkiä. Yhtä kokoluokkaa käytetään moneen eri kenkäkokoon. Opinnäytetyöhön rajattiin vain yhden kokoluokan telineen suunnittelu. Tätä samaa ratkaisua voidaan myöhemmin laajentaa myös muihin kokoluokkiin. Työn tilaaja halusi telineen pystyvän sisällyttämään yhtäaikaaisesti 50 suojaa.

Telineen valmistusmateriaaliksi valittiin vaneri, joka vesileikataan suojien ulkomuotojen mukaisesti. Leikattu karmi kiinnitetään riittävän suureen aluslevyyn. Karmit kiinnitetään

aluslevyyn kengänasennustelineen geometrian mukaiseen kulmaan. Kiinnittämisessä käytetään M8-ruuveja. (Kuva 6.)



*KUVA 6. Naulaanastumissuojien teline*

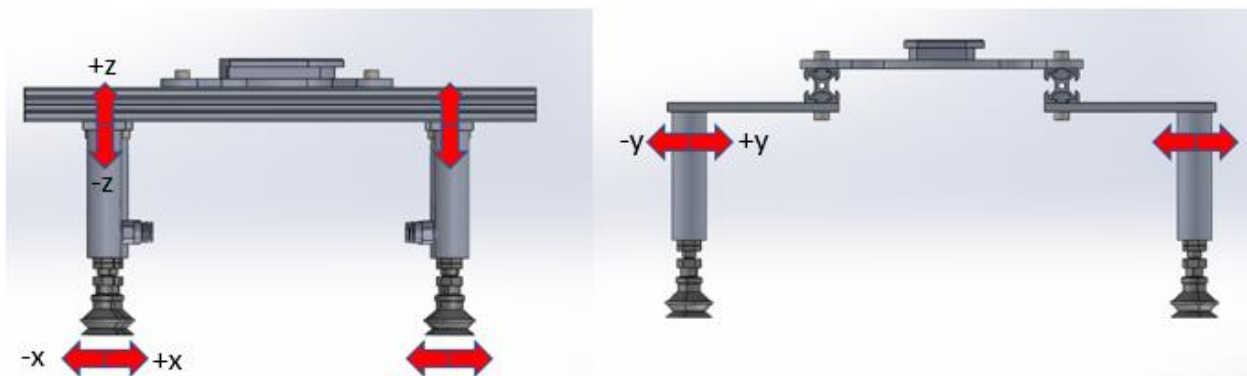
Suojien epämääräinen muoto ja epäsymmetriset mitat vaikeuttivat sen mallintamista tietokoneella. Tässä käytettiin hyväksi Solidworksin Sketch Picture -toimintoa. Toiminto mahdollistaa mallintamisen suoraan kuvan päälle. Mallintaminen aloitettiin piirtämällä käsin paperille muotojen reunaviivat. Seuraavaksi piirroksesta otettiin kuva, joka siirrettiin tietokoneelle. Tietokoneella piirroksesta luotiin CAD-malli, joka muutettiin DXF-tiedostoksi vesileikkausta varten.

#### **4.5 Alipainetarttujan suunnittelu**

Alipainetarttuja suunniteltiin robotin työkalulaippaan sopivaksi. Alipainetarttujalla robotti kykenee nostamaan ja siirtämään kaksi naulaanastumissuojaa yhtäaikaaisesti. Naulaanastumissuojia oli aikaisemmassa tuotantolaitteistossa liikuteltu alipainetarttujalla, jo-

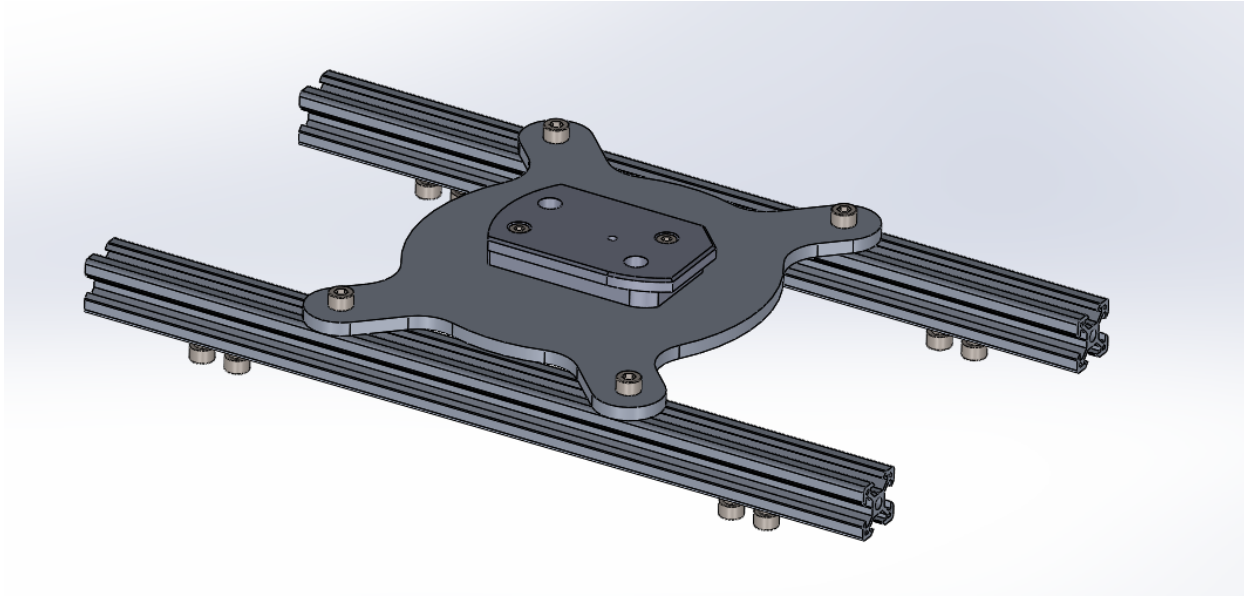
ten hyväksi koettua menetelmää päätettiin jatkaa tässäkin työssä. Vaatimuksina alipainetarttujalle oli imukuppien liikuteltavuus, jotta tulevaisuudessa muitakin tuotteita voitaisiin käsitellä samalla tarttujalla. Tarttujan piti myös olla riittävän kevyt, jotta robotti jaksaa sitä liikutella. Valmistusmateriaaliksi valittiin alumiini.

Alipainetarttujan tarttumispisteet suunniteltiin liikuteltaviksi jokaisen akselin ympärille, koska siitä ei koitunut lisähaasteita suunnitteluun. Tartuntapisteitä on mahdollista liikuttaa vapaasti x- ja y-akselin suhteen ja 5 mm porrastuksilla z-akselin suhteen (kuva 7).



KUVA 7. Alipainetarttujan tartuntapisteiden liikuteltavuus

Alipainetarttuja kiinnitetään robotin työkalulaippaan valmiina olevalla kiinnikekappaleella. Kiinnikekappale kiinnitetään tarttujan aluslevyyn kahdella M4 x 12 kuusiokoloruuvilla. Aluslevy kiinnitetään kahteen v-slot 20 x 20 alumiiniprofiiliin, jotka toimivat tartuntapisteiden liikuttamisen kiskoina. (Kuva 8.)



*KUVA 8. Alipainetarttujan kiinnikekappale, aluslevy ja alumiiniprofiilikiskot*

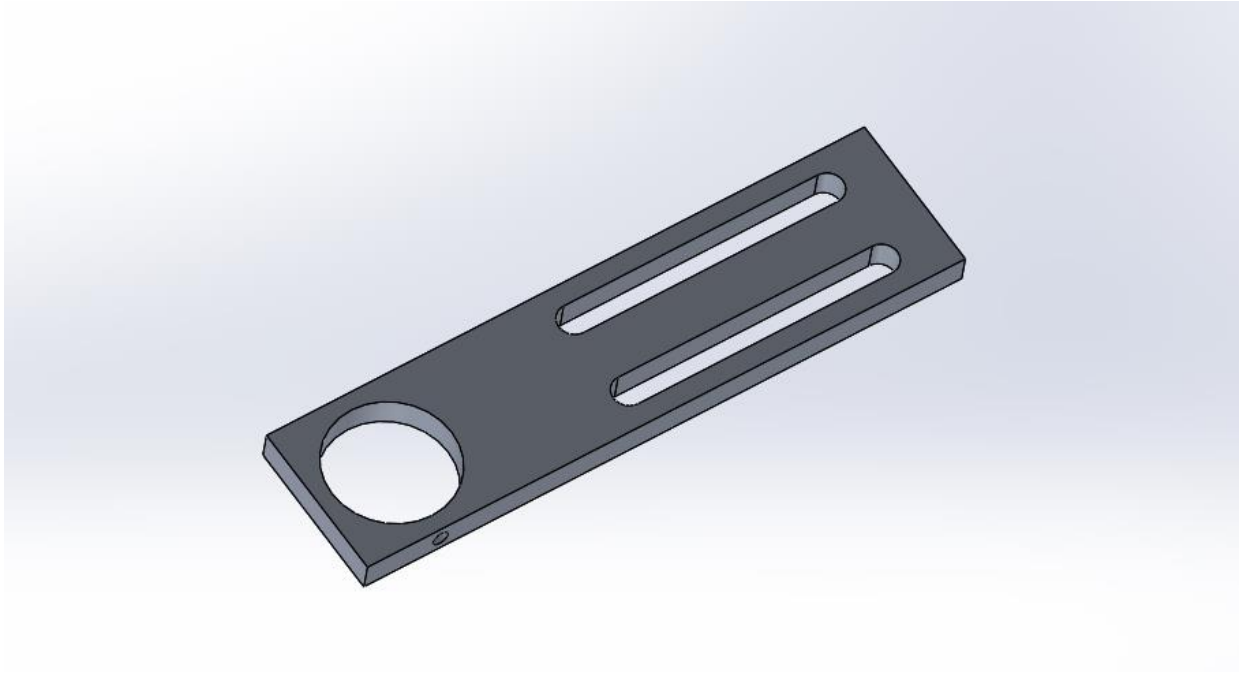
Imukuppeina päätettiin käyttää neljää Ø 25 mm paljeimukuppia. Imukupit kiinnitetään niille sopivien nippojen avulla alumiiniseen imurunkoon (kuva 9). Samaan runkoon tuodaan alipaine pistoliittimen kautta sivusuunnasta. Alipaine syötetään tarttujaan robotin ohjausyksikössä sijaitsevan ejektorin kautta. Alipaine jaetaan samasta lähteestä jokaiseen neljään imurunkoon kolmen jakajan avulla.



*KUVA 9. Imukupin imurunko*



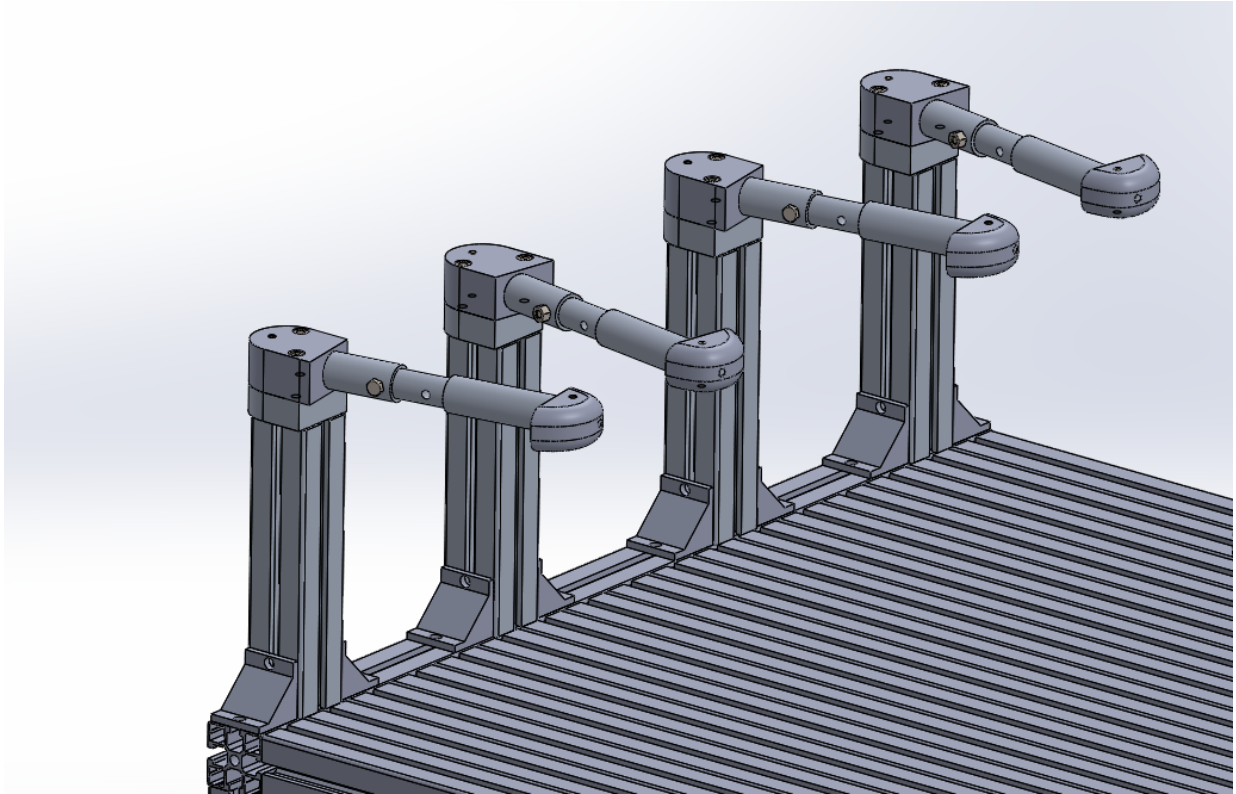
Alumiiniprofiilin ja imurungon väliin suunniteltiin kiinnike, jota pystytään liikuttamaan alumiiniprofiilin kiskojen mukaisesti x-akselin suunnassa (kuva 10). Kiinnittäminen alumiiniprofiiliin suoritettiin kahdella M5 x 10 kuusiokoloruuvilla. Ruuviliitosten avulla imukuppien sijaintia voidaan helposti siirtää tarvittavan tartuntapisteen mukaisesti. Kiinnikkeessä on kaksi hahloa, jotka sallivat liikuttamisen 42,5 mm matkan verran y-akselin suhteen.



*KUVA 10. Alumiiniprofiilin ja imurungon välinen kiinnikekappale*

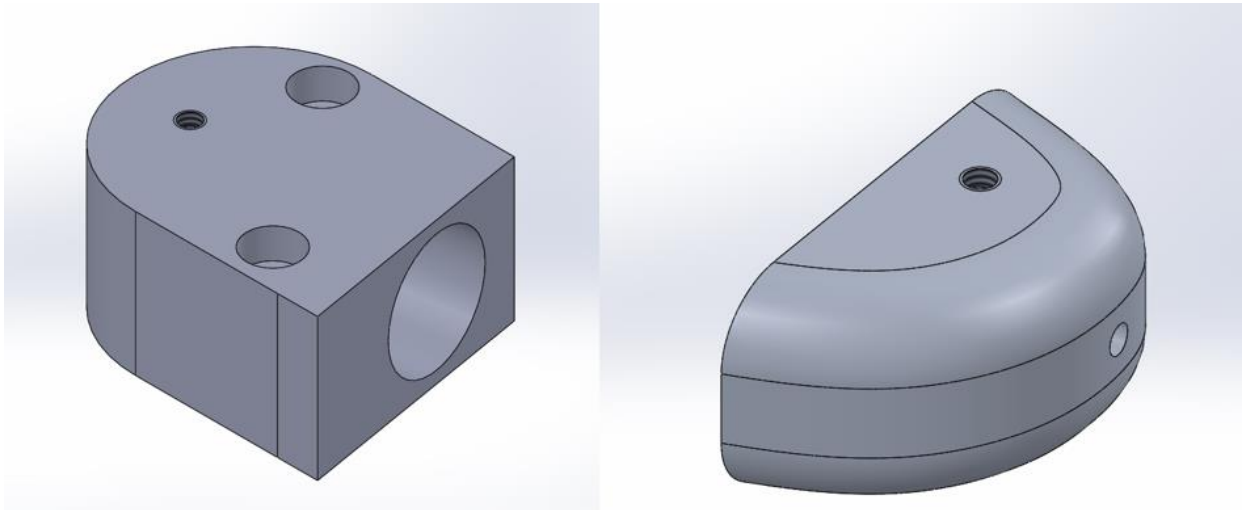
#### **4.6 Kengän asennustelineen suunnittelu**

Kengän asennusteline oli suunnittelun vaikein osuus. Suurimmat ongelmat syntyivät jousen suunnittelussa ja kenkien epämääräisten geometrysten muotojen takia. Asennustelineitä oli pystyttävä käyttämään kaikkiin kenkäkokoihin. Kaikki telineen osat valmistetaan alumiinista, paitsi jousiteräksestä valmistettu puristinjousi. Kengän asennustelineitä haluttiin kaksi paria, jotta asentaminen operaattorin ja robotin välillä sujuisi yhtäjaksoisesti. Asennustelineistä tehtiin oikean ja vasemman puolen variaatiot. Nämä variaatiot ovat toistensa peilikuvia. Variaatioista eroavaisuuksia löytyy vain kiinnikeliuskan ja kantapään muotin osalta, muiden osien ollessa identtisiä toisiinsa nähden. (Kuva 11.)



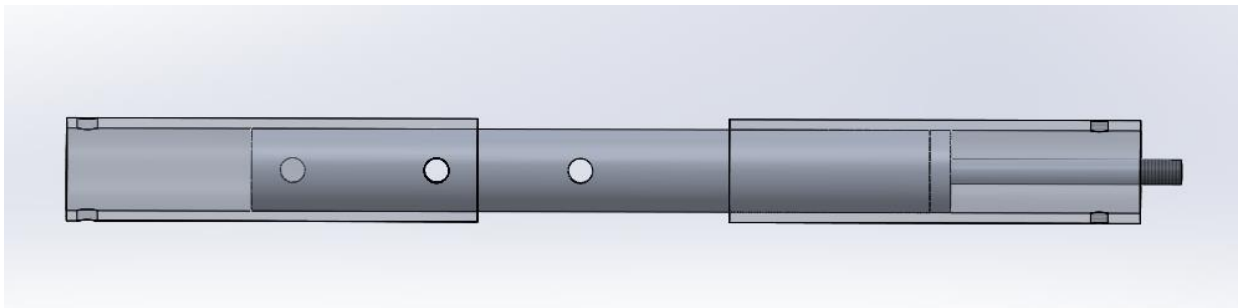
*KUVA 11. Kenkien asennustelineet*

Suunnittelu aloitettiin kengän sisäisien muotojen mallintamisesta. Heti suunnittelun alkuvaiheessa syntyi malli, jossa kengän kärjistä luodaan kengän muodoille sopivat muotit ja niiden väliin asetetaan pituuden muutoksiin soveltuva mekaniikka (kuva 12). Kiinteäksi nollapisteeksi valittiin kantapään muotti. Kantapään muotin pysyessä aina samassa sijainnissa, pystytään robotin liike ohjaamaan kohdistetusti oikeaan paikkaan.



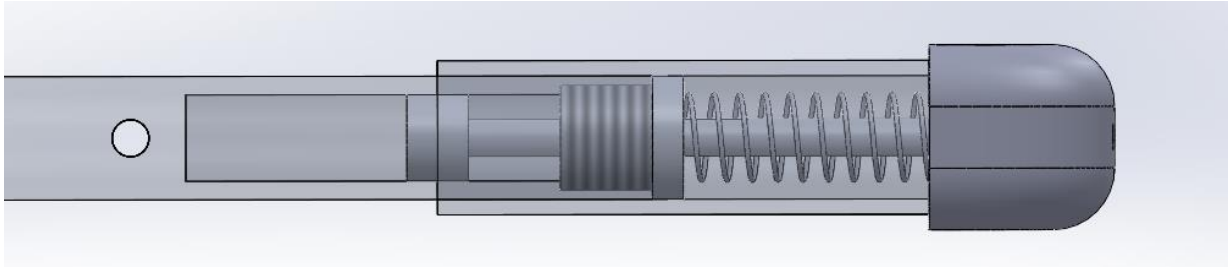
*KUVA 12. Kantapään ja varvaspäädyn muotit*

Muottien väliin asetettava mekaniikka (kuva 13) koostuu kahdesta  $\varnothing 25 \times 2,5$  mm alumiiniputkesta ja yhdestä väliin asetetusta  $\varnothing 20$  mm pyörötangosta. Kantapään puolelta pituuden säätäminen onnistuu liikuttamalla teleskooppimaisesti pyörötangon etäisyyttä kantapään muotista. Pyörötangossa ja alumiiniputkessa on kolmelle eri pituudelle suunniteltua kiinnityskohtaa. Kiinnittäminen tapahtuu ruuviliitoksella.



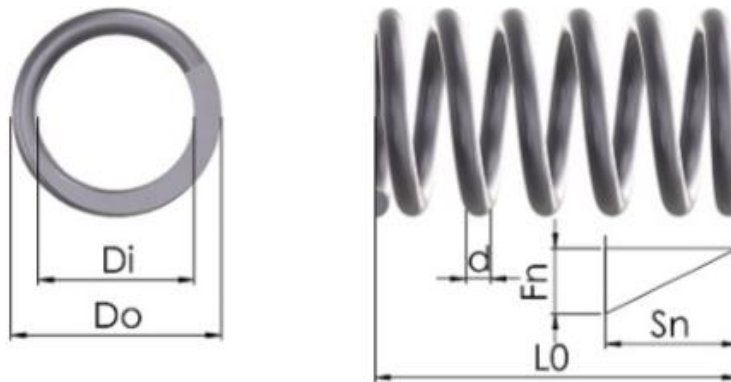
*KUVA 13. Muottien välinen mekaniikka*

Varvasmuotin päädyssä käytettiin puristusjousta, jolla luodaan voima kengän kiinnittämiseen asennustelineessä. Jousi on asetettu ohuen akselin ympärille, joka on kiinnitetty varvaspäädyn muottiin. Ohuen akselin toisessa päässä on leveämpi mäntää muistuttava osa, joka liikkuu jousen puristuessa pyörötankoon sorvatus sylinterin sisällä. Pyörötangon päässä on korkki, jossa on ohuen akselin läpimenevä reikä. (Kuva 14.)



*KUVA 14. Jousimekanismi*

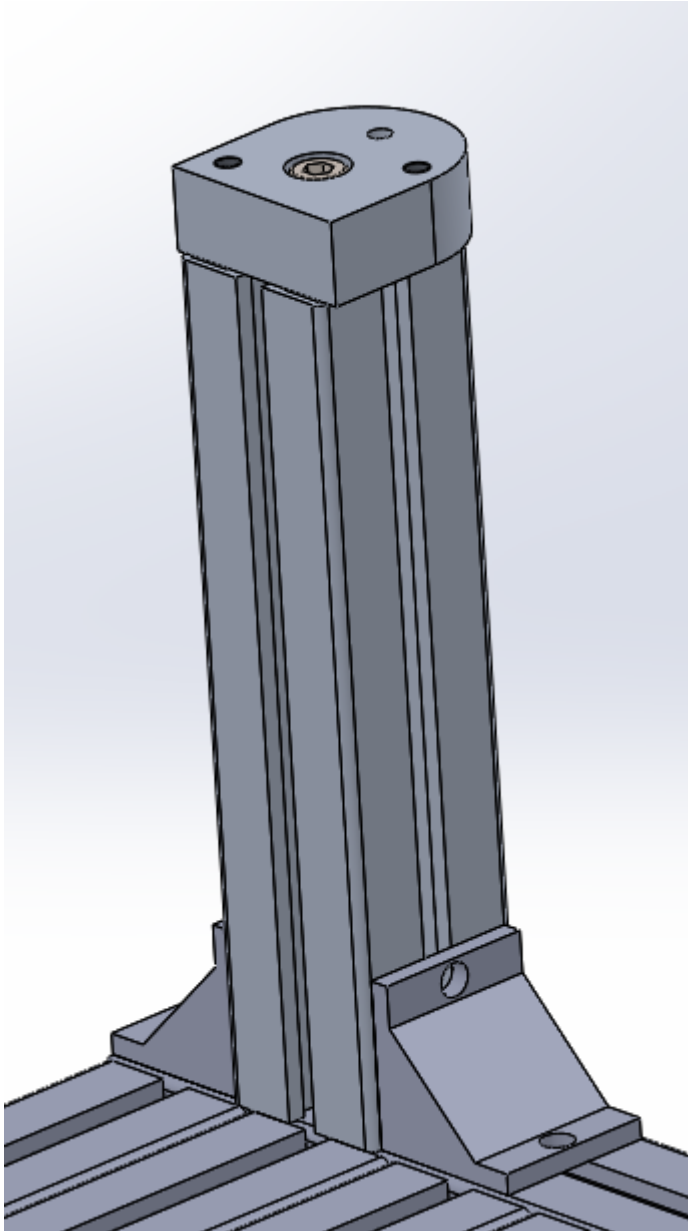
Jousen valinnassa jouduttiin tekemään paljon kompromisseja. Alkuperäisessä suunnitelmassa oli tarkoitus valita jousi, minkä sallittu puristuma kattaisi kaikkien kenkäkokojen mittaeron. Valintaa tehdessä konsultoitiin useampaa eri jousivalmistajaa, joiden kautta päädyttiin käyttämään lyhyempää jousta (kuva 15). Alkuperäisen suunnitelman pitkää joustia ei pystytty mahduttamaan kengän sisälle. Lyhyemmän jousen käytön takia suunniteltiin jousen avuksi teleskooppimekanismi, jotta asennusteline yltäisi kaikkien kenkäkokojen mittoihin.



Product Attribute	Ref.	Value
Wire Diameter	d	1,5 mm
Free Length	L0	75 mm
Spring Rate	c	1,43 N/mm
Diameter Outside	Do	15,3 mm
Active Coils	lf	13 pcs
Total Coils	ig	14,5 pcs
Maximum Compression	Sn	51 mm
Force Maximum Compression	Fn	72,93 N
Material		Steel

KUVA 15. Käytettävän jousen mitat (11. linkit, Haku: "V84D4280" -> PDF -> Lataa.)

Kengänasennustelineet kiinnitetään pöytään samalla alumiiniprofiililla, josta käytettävä robottialusta on tehty. Kiinnittämisessä käytetään kahta alumiinista kulmakiinnikeprofiilia, jotka mahdollistavat helpon uudelleensijoittamisen. Alumiiniprofiilin ja kantapäämuotin väliin suunniteltiin kiinnitysliuska. Kiinnitysliuska kiinnitetään ensin kantapään muottiin ja sen jälkeen alumiiniprofiiliin. (Kuva 16.)



*KUVA 16. Kengänasennustelineen kiinnittäminen robottialustaan*

#### **4.7 Riskien arviointi**

Riskin suuruus arvioidaan käyttämällä numeerista pisteytystä. Eri tapauksiin liittyvät vaarat, vaaratilanteet, vaaralliset tapahtumat ja mahdolliset vahingot on kuvattu standardin ISO 12100:2100 kohdan 5.4 mukaisesti tuotteen elinkaaren eri vaiheissa (12, s 17 - 32):

- kuljetus, kokoonpano ja asennus
- käyttöönotto
- käyttö ja kunnossapito

- purku, käytöstä poisto ja hävittäminen.

Riskien arviointiin käytettiin Raimo Vähän opinnäytetyöhön perustuvaa riskien arvioinnin työkalua, josta tässä työn luvussa käytettävät raja-arvot on saatu (13, s. 23 - 25). Vaaratilanteissa syntyvien seurausten vakavuuksille on määritetty numeroarvot. Vakavuutta kuvaavalla muuttujalla on seuraavat vakavuuden pistemäärät (SS, Severity score):

- tuhoisa  $SS = 100$
- vaikea  $99 \geq SS \geq 90$
- kohtalainen  $89 \geq SS \geq 30$
- vähäinen  $29 \geq SS \geq 0$ .

Vaaratilanteen vakavuuden arvioinnin jälkeen on määritetty tapahtumien todennäköisyyden lukuarvot. Todennäköisyyttä kuvaavalla muuttujalla on seuraavat todennäköisyyksien pistemäärät (PS, Probability score):

- Erittäin todennäköinen  $PS = 100$  tapahtuu todennäköisesti tai varmasti.
- Todennäköinen  $99 \geq PS \geq 70$  voi tapahtua, mutta ei todennäköistä.
- Epätodennäköinen  $69 \geq PS \geq 30$  todennäköisesti ei tapahdu.
- Erittäin epätodennäköinen  $29 \geq PS \geq 0$  tapahtumisen todennäköisyys on lähes nolla.

Riskin suuruuden laskenta perustuu seurausten vakavuuden ja todennäköisyyden summaan. Kun riskien suuruudet on laskettu, riskit luokitellaan neljään luokkaan taulukon 2 mukaisesti. Samaan taulukkoon viimeiselle sarakkeelle on merkitty riskien pienentämiseksi tehtävät toimenpiteet.

*TAULUKKO 2. Riskien luokittelu*

Riskin suuruuden lukuarvo	Riskin luokitus	Tarvittavat toimenpiteet
0 - 89	Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä
90 - 119	Pieni	Seuranta ja valvonta sekä myöhemmin uudelleen arviointi
120 - 159	Keskimääräinen	Ryhdyttävä toimenpiteisiin riskin vähentämiseksi
$\geq 160$	Suuri	Työtä ei saa aloittaa ja käynnissä oleva työ tulee keskeyttää ennen kuin riski vähennetty ainakin keskimääräiseksi

Robottisolun mahdolliset riskit arvioitiin edellä mainitulla tavalla, ja ovat esiteltynä liitteessä 1. Riskejä löytyi yhteensä kahdeksan. Jokaiselle riskille asetettiin tarvittavat toimenpiteet.

#### **4.8 Robottisolun kokoonpano**

Robottisolun kokoonpanokuva on liitetty tähän opinnäytetyöhön (liite 2). Kokoonpano koostuu suunnitelluista osista, UR-10-yhteistyörobotista ja robottialustasta. Kokoonpanokuvasta puuttuu robottisolussa käytettävä liimanlevityskone.

#### **4.9 Tuotedokumentit**

Robottisolun osista tehtiin valmistusta varten piirustukset, jotta osat voidaan valmistaa Oulun ammattikorkeakoulussa myöhemmin opinnäytetyön ulkopuolella. Jokaiselle suunnitellulle osalle tehtiin osapiirustukset ja kokoonpanopiirustukset. Vesileikattavista osista tehtiin DXF-tiedostot. Valmistettavien osien piirustuksia ei julkaista.



## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin Sievin Jalkine Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella naulaanastumissuojien asennuksen automatisointi käyttäen apuna yhteistyörobotiikkaa. Opinnäytetyö aloitettiin helmikuun alussa vuonna 2020 ja saatiin päätökseen toukokuun puolivälissä.

Asennuksen suorittamiseen päätettiin käyttää UR-10-yhteistyörobottia. Esisuunnittelussa kokonaistoiminnot päätettiin valita toimivuuden ja resurssien mukaisesti. Suunnittelussa piti huolehtia, että kaikki valmistettavat osat on mahdollista valmistaa Oulun ammattikorkeakoululla. Robotin ympärille aloitettiin suunnittelemaan asennukseen soveltuvaa laitteistoa, johon kuuluivat naulaanastumissuojien teline, alipainetarttuja ja kengänasennusteline. Naulaanastumissuojien telineestä tehtiin vain yhden koon versio, josta voidaan tulevaisuudessa tehdä samalla tekniikalla versionsa myös muille kokoluokille. Alipainetarttuja suunniteltiin tilaajan vaatimusten mukaan siten, että tartuntapisteiden sijaintia voidaan muuttaa mahdollisia uusia kokoluokkia varten. Robottisolu koottiin Oulun ammattikorkeakoulun omistaman robottialustan päälle.

Alkuperäisessä suunnitelmassa opinnäytetyöhön oli tarkoitus sisällyttää robottisolun valmistus ja asennus tilaajan tehtaalle. Asennusta ja valmistusta ei kuitenkaan päästy suorittamaan koronaviruspandemian takia. Koulujen sulkeutuminen kriittisellä hetkellä vaikeutti opinnäytetyön tekemistä ja suurin osa työstä piti suorittaa etänä kotoa. Opinnäytetyössä keskityttiin vahvasti dokumentointiin ja osien valmistuspiirustusten laatimiseen. Tuloksena opinnäytetyöstä saatiin oheislaitteiston valmistuspiirustukset ja robottisolun kokoonpanopiirustukset.

Työtä jatketaan syksyllä 2020 Oulun ammattikorkeakoulun henkilöstön työnä. Jatkotoimenpiteinä on valmistaa opinnäytetyön suunnitelman mukainen robottisolu ja asennuttaa järjestelmä Sievin Jalkine Oy:n tehtaalle.

Opinnäytetyön aihe oli alkuperäisen suunnitelman mukaan turhan laaja näin lyhyeen aikaväliin, ja se olisi hyvin voitu jakaa kahdeksi opinnäytetyöksi. Aihe oli kuitenkin todella mielenkiintoinen ja juuri sellainen minkä kanssa halusin työskennellä.

## LÄHTEET

1. Sievin tehdas. 2020. Sievi: Sievin Jalkine Oy. Saatavissa <https://www.sievi.com/fi/yri-tys>. Hakupäivä 13.2.2020.
2. Collaborative robots in global companies. Robotiq. Pdf-dokumentti. Tuottavuutta joustavalla automaatiolla - tehoja. Saatu käyttöön Oulun ammattikorkeakoulun Moodle-sivustolta vuonna 2020. Saatavissa: <https://moodle.oamk.fi/mod/folder/view.php?id=78751> (vaatii kurssiavaimen). Hakupäivä 20.5.2020.
3. Collaborative robot ebook - Sixth edition -. Mathieu Bélanger-Barrette. 2015. Robotiq. Pdf-dokumentti. Tuottavuutta joustavalla automaatiolla - tehoja. Saatu käyttöön Oulun ammattikorkeakoulun Moodle-sivustolta vuonna 2020. Saatavissa: <https://moodle.oamk.fi/mod/folder/view.php?id=78751> (vaatii kurssiavaimen). Hakupäivä 20.5.2020.
4. Robotiikka. 2016. Pdf-dokumentti. Tuottavuutta joustavalla automaatiolla - tehoja. Saatu käyttöön Oulun ammattikorkeakoulun Moodle-sivustolta vuonna 2020. Saatavissa: <https://moodle.oamk.fi/mod/folder/view.php?id=78755> (vaatii kurssiavaimen). Hakupäivä 20.5.2020
5. Our History "Make robot technology accessible to all." . 2020. Universal Robots. Saatavissa: <https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/our-history/>. Hakupäivä 20.5.2020.
6. Collaborative robots from universal robots. 2020. Universal Robots. Saatavissa: <https://www.universal-robots.com/products/>. Hakupäivä 18.2.2020.
7. UR10e technical details. 2018. Universal Robots. Saatavissa: [https://info.universal-robots.com/hubfs/Northern%20Europe/Tech%20specs/32528\\_UR\\_Technical\\_Details\\_UR10e.pdf](https://info.universal-robots.com/hubfs/Northern%20Europe/Tech%20specs/32528_UR_Technical_Details_UR10e.pdf). Hakupäivä 19.2.2020.

8. Pneumatiikkajärjestelmä - perusteista komponentteihin. Viitala, Jari - Broström, Timo. Powerpoint-diasarja. TK00BP48 pneumatiikka ja hydraulikka\_s18\_jv. Saatu käyttöön Oulun ammattikorkeakoulun Moodle-sivustolta vuonna 2020. Saatavissa: <https://moodle.oamk.fi/course/view.php?id=5030#section-1> (vaatii kurssiavaimen). Hakupäivä 20.5.2020.
9. Pneumatiikka Alipainetekniikka 1. - Johdatus alipainetekniikkaan, ejektorin toiminta-periaate, peruskytkenät. Viitala, Jari Broström, Timo. Powerpoint-diasarja. TK00BP48 pneumatiikka ja hydraulikka\_s18\_jv. Saatu käyttöön Oulun ammattikorkeakoulun Moodle-sivustolta vuonna 2020. Saatavissa: <https://moodle.oamk.fi/course/view.php?id=5030#section-12> (vaatii kurssiavaimen). Hakupäivä 20.5.2020.
10. Vacuum Ejectors. Schmalz. Saatavissa: <https://www.schmalz.com/en/vacuum-knowledge/the-vacuum-system-and-its-components/vacuum-generators/vacuum-ejectors/>. Hakupäivä 20.2.2020.
11. Part number V84D4280. Meconet Oy. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [https://www.jousikauppa.fi/puristusjouset/3/puristusjouset#tab\\_content\\_products](https://www.jousikauppa.fi/puristusjouset/3/puristusjouset#tab_content_products) (Vaatii tuotekoodin V84D4280). Hakupäivä 31.4.2020.
12. SFS-EN ISO 12100. 2009. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
13. Vähä, Raimo 2019. Yhteistoimintarobotiikan turvallisuussuunnittelu Pk-yrityksissä. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167393/Vaha\\_Raimo.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167393/Vaha_Raimo.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Hakupäivä 31.4.2020.

	Vaaratekijä	Vakavuus SS	Todennäköisyys PS	Riskin suuruus	Riskin luokitus	Tarvittavat toimenpiteet
1	Asennuksen aikaiset vahingot esim. puristumiset	50	60	110	Pieni	Seuranta ja valvonta sekä myöhemmin uudelleen arviointi
2	Liikeratojen säädön ja koeajon aikaiset vahingot	60	50	110	Pieni	Robottia ohjelmoidaan riittävältä etäisyydeltä
3	Paineilma letkurikko	30	40	70	Merkityksetön	Käytetään suojalaseja. Huollon ja asennuksen aikana varmistetaan letkujen paineettomuus
4	Sähköisku	100	20	120	Keskimääräinen	Päävirran katkaiseminen
5	Kuuman liiman osuminen paljaalle iholle	30	70	100	Pieni	Seuranta ja valvonta sekä myöhemmin uudelleen arviointi. Käytetään asianmukaisia turvavarusteita
6	Naulaanastumissuojan irtoaminen tarttujasta	10	70	80	Merkityksetön	Käytetään suojalaseja
7	Huollon aikaiset tapahtumat	20	70	90	Pieni	Seuranta ja valvonta sekä myöhemmin uudelleen arviointi
8	Robotin liikeradalle joutuminen	30	60	90	Pieni	Seuranta ja valvonta sekä myöhemmin uudelleen arviointi

